

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система дистанційного збору даних з механічних лічильників*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-41  
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

*Каліщук В.М.*

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

*Мовчан Л.Т.*

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

*Луцик Н.С.*

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

*Осухівська Г.М.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

*Фриз М.Є.*

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«24» квітня 2026 р

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Каліщуку Володимир Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система дистанційного збору даних з механічних лічильників

Керівник роботи Мовчан Леонід Тимофійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2026 року № 4/9-188

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи



## АНОТАЦІЯ

Каліщук В.М. Комп'ютеризована система дистанційного збору даних з механічних лічильників : робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: IoT-технології, дистанційний збір даних, механічні лічильники, комп'ютеризована система, мікроконтролер, бездротовий зв'язок, IoT-платформа.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників з використанням IoT-технологій. Актуальність роботи зумовлена необхідністю автоматизації процесів обліку ресурсів, зменшення впливу людського фактора та підвищення оперативності отримання вимірювальної інформації.

У першому розділі виконано аналіз технічного завдання, сформульовано вимоги до комп'ютеризованої системи, а також проведено огляд існуючих аналогів і сучасних рішень у сфері дистанційного збору показників лічильників. На основі аналізу визначено переваги та недоліки відомих підходів і обґрунтовано доцільність розроблення власного рішення.

Другий розділ присвячено проектуванню апаратного забезпечення системи. Розроблено структурну схему та електричну принципову схему пристрою, а також обґрунтовано вибір елементної бази з урахуванням технічних, економічних і експлуатаційних характеристик.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування системи та програмне забезпечення мікроконтролера. Здійснено інтеграцію з IoT-платформою для передавання, зберігання та візуалізації даних. Проведено тестування розробленої системи, за результатами якого підтверджено її працездатність і відповідність сформульованим вимогам.

## ANNOTATION

Kalishchuk V.M. Computerized System for Remote Data Collection from Mechanical Meter. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2026.

Keywords: IoT technologies, remote data collection, mechanical meters, computerized system, microcontroller, wireless communication, IoT platform.

The qualification work is devoted to the development of a computerized system for remote data collection from mechanical meter. The relevance of the work is determined by the need to automate resource metering processes, reduce human involvement, and improve the efficiency of data acquisition.

In the first chapter, the technical requirements are analyzed, system requirements are formulated, and an overview of existing analogues and modern solutions for remote meter data collection is conducted. Based on the analysis, the advantages and limitations of current approaches are identified, and the feasibility of developing the proposed system is justified.

The second chapter focuses on the design of the hardware part of the system. A structural diagram and an electrical schematic diagram are developed, and the selection of the electronic components is substantiated considering technical, economic, and operational factors.

The third chapter describes the development of the system operation algorithm and microcontroller software. Integration with an IoT platform for data transmission, storage, and visualization is implemented. System testing is performed, confirming the correct operation of the developed solution and its compliance with the specified requirements.

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи дистанційного збору даних з механічних лічильників .....	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників .....	11
1.3 Огляд існуючих засобів для дистанційного збору даних з механічних лічильників.....	13
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	19
2.1 Структура системи дистанційного збору даних з механічних лічильників.....	19
2.2 Апаратне забезпечення комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників .....	21
2.2.1 Мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM.....	21
2.2.2 RTC модуль DS3231.....	24
2.2.3 OLED-дисплей .....	27
2.2.4 GSM модуль SIM800L .....	30
2.3 Опис електричної принципової схеми пристрою для дистанційного збору даних з механічних лічильників .....	33
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	36
3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного збору даних з механічних лічильників.....	36
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	39
3.2.1 Ініціалізація системи у функції setup().....	39
3.2.2 Реалізація основного циклу роботи системи у підпрограмі loop() .....	40

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Каліщук В.М.				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів	Мовчан Л.Т.				5	75	
Рецензент	Фриз М.Є.				<i>ТНТУ, каф. КС, зр. СІ-41</i>		
Н. Контр.	Луцик Н.С.						
Зав. каф.	Осунівська Г.М.						

Комп'ютеризована система  
дистанційного збору даних  
з механічних лічильників

3.2.3 Реалізація алгоритму захоплення зображення з камери .....	42
3.2.4 Реалізація алгоритму розпізнавання показів лічильника.....	43
3.2.5 Реалізація відображення даних на OLED-дисплеї.....	44
3.2.6 Реалізація передачі даних на платформу ThingSpeak через GSM-модуль....	45
3.3 Налаштування хмарної IoT платформи ThingSpeak .....	47
3.4 Результати моделювання та тестування системи .....	49
<b>РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....</b>	<b>52</b>
4.1 Фізіологічний вплив факторів існування на життєдіяльність людини .....	52
4.2 Аналіз умов праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу .....	53
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>58</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>59</b>
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

API – Application Programming Interface

GPRS – General Packet Radio Service

GSM – Global System for Mobile Communications

I2C – Inter-Integrated Circuit

IoT – Internet of Things

OCR – Optical Character Recognition

OLED – Organic Light Emitting Diode

RTC – Real Time Clock

SCCB – Serial Camera Control Bus

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

ДЗД – дистанційний збір даних

КСДЗ – комп'ютеризована система дистанційного збору

МРЧ – модуль реального часу

ПЛ – покази лічильника

СПД – система передавання даних

ЦЗ – цифрове зображення

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У сучасних умовах цифровізації та впровадження концепції Internet of Things (IoT) дедалі більшого значення набуває автоматизація процесів обліку споживання різних ресурсів. Значна частина житлового, комунального та промислового секторів досі використовує механічні лічильники, зняття показників з яких здійснюється вручну. Такий підхід є трудомістким, потребує значних часових і фінансових витрат, а також супроводжується ризиком помилок, спричинених людським фактором. Крім того, відсутність оперативного доступу до актуальних даних ускладнює аналіз споживання ресурсів і прийняття ефективних управлінських рішень.

Застосування IoT-технологій відкриває можливості для дистанційного збору, передавання та обробки даних без необхідності заміни вже встановлених механічних лічильників. Розроблення комп'ютеризованої системи, здатної автоматизувати процес зчитування показників і забезпечити їх передавання на віддалену IoT-платформу, є актуальною науково-технічною задачею. Така система дозволяє підвищити точність обліку, зменшити експлуатаційні витрати та створити основу для подальшої цифрової трансформації систем моніторингу ресурсів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників з використанням IoT-технологій, яка забезпечує автоматизоване отримання, передавання та моніторинг показників у режимі віддаленого доступу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- проаналізувати технічне завдання та предметну область дослідження;
- сформулювати функціональні та нефункціональні вимоги до комп'ютеризованої системи;
- провести огляд і порівняльний аналіз існуючих аналогів і технічних рішень;

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити структурну схему та електричну принципову схему апаратної частини системи;
- обґрунтувати вибір елементної бази з урахуванням технічних і експлуатаційних вимог;
- розробити алгоритм функціонування системи та програмне забезпечення мікроконтролера;
- виконати інтеграцію розробленої системи з IoT-платформою;
- провести тестування системи та проаналізувати отримані результати.

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

Розвиток комп'ютеризованих систем збору та обробки даних у поєднанні з IoT-технологіями зумовив суттєві зміни в підходах до моніторингу й обліку різноманітних фізичних величин. Однією з найбільш актуальних задач у цій галузі є автоматизація зчитування показників механічних лічильників, які й надалі широко використовуються в різних сферах господарської діяльності. Незважаючи на активне впровадження цифрових приладів обліку, значна кількість об'єктів експлуатує саме механічні лічильники, що обумовлює доцільність застосування комп'ютеризованих систем дистанційного збору даних без необхідності їх повної заміни.

Однією з основних сфер застосування проектованої системи є житлово-комунальне господарство. У багатоквартирних та приватних будинках традиційно встановлюються механічні лічильники води, газу та електроенергії, зняття показників з яких виконується вручну. Використання комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних дозволяє автоматизувати цей процес, забезпечити регулярне отримання актуальної інформації, зменшити витрати часу персоналу обслуговуючих організацій та підвищити прозорість розрахунків зі споживачами. Крім того, наявність історичних даних створює передумови для аналізу споживання ресурсів і виявлення аномалій.

Важливою сферою застосування є промислові об'єкти, де механічні лічильники використовуються для обліку технологічних ресурсів, таких як вода, стиснене повітря, газ тощо. У таких умовах оперативний доступ до інформації про споживання ресурсів має критичне значення для оптимізації

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Калищук В.М.</i>			<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>					<i>10</i>	<i>9</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Фриз М.Е.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

виробничих процесів та зменшення витрат. Впровадження системи дистанційного збору даних дозволяє інтегрувати інформацію з лічильників у загальні системи моніторингу підприємства та використовувати її для прийняття управлінських рішень.

Ще однією сферою застосування є об'єкти комерційної нерухомості, зокрема торгові центри, офісні будівлі та складські комплекси. Для таких об'єктів характерна наявність значної кількості лічильників, розташованих у різних зонах. Комп'ютеризована система дистанційного збору даних забезпечує централізований моніторинг показників, спрощує контроль витрат ресурсів та підвищує ефективність експлуатації інженерних мереж.

Проектована система також може застосовуватися в умовах обмеженого доступу до об'єктів, наприклад у віддалених або важкодоступних місцях. У таких випадках дистанційний збір даних є єдиним ефективним способом регулярного контролю показників без залучення обслуговуючого персоналу. Використання бездротових каналів зв'язку та IoT-платформ забезпечує можливість централізованого зберігання й аналізу даних незалежно від географічного розташування об'єкта.

Отже, комп'ютеризована система дистанційного збору даних з механічних лічильників є універсальним рішенням, яке може ефективно використовуватися в житлово-комунальному, промисловому та комерційному секторах. Її впровадження сприяє підвищенню рівня автоматизації, достовірності обліку та оперативності отримання інформації, що підтверджує актуальність розробки такої системи в межах даної кваліфікаційної роботи.

## 1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

Вимоги до системи дистанційного збору даних з механічних лічильників формуються з урахуванням особливостей об'єкта автоматизації, умов експлуатації, а також сучасних тенденцій розвитку IoT-технологій.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насамперед система повинна забезпечувати коректне та стабільне зчитування показників механічних лічильників без втручання в їх конструкцію. Це зумовлює вимогу сумісності з різними типами лічильників і можливість адаптації до відмінностей у принципах формування показників. Важливою є вимога точності отриманих даних, оскільки результати вимірювань безпосередньо впливають на достовірність обліку спожитих ресурсів.

З огляду на розподілений характер системи, суттєвими є вимоги до передавання даних. Система повинна підтримувати бездротові канали зв'язку та використовувати стандартні IoT-протоколи, що забезпечують надійне доставлення інформації на віддалену платформу. При цьому необхідно враховувати обмеження пропускної здатності мережі, затримки передавання та можливі переривання зв'язку. У таких умовах актуальною є вимога збереження даних на локальному рівні з подальшим їх передаванням після відновлення зв'язку.

Окрему увагу слід приділити вимогам до енергоспоживання системи. Оскільки вузли збору даних можуть працювати в автономному режимі, система повинна бути енергоефективною та підтримувати режими зниженого споживання енергії. Це дозволяє збільшити тривалість безперервної роботи без необхідності частого технічного обслуговування.

З точки зору користувача важливими є вимоги до зручності експлуатації та доступу до інформації. Система повинна забезпечувати наочну візуалізацію даних, можливість перегляду поточних і архівних показників, а також простоту налаштування основних параметрів. Інтерфейс взаємодії з IoT-платформою має бути інтуїтивно зрозумілим і не вимагати спеціальної підготовки.

Крім того, до комп'ютеризованої системи висувуються вимоги щодо надійності та масштабованості. Вона повинна стабільно функціонувати впродовж тривалого часу, бути стійкою до збоїв окремих компонентів і передбачати можливість розширення кількості підключених лічильників або функціональних можливостей без суттєвої перебудови архітектури. Сукупність проаналізованих

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимог формує основу для подальшого проєктування апаратного та програмного забезпечення системи.

### 1.3 Огляд існуючих засобів для дистанційного збору даних з механічних лічильників

На ринку представлено низку продуктів та технологій, призначених для автоматизації обліку ресурсів – води, газу, електроенергії та тепла. Ці рішення можуть бути класифіковані за типом архітектури, способами зв'язку та функціональними можливостями. Загальною тенденцією є впровадження IoT-підходів з використанням бездротових мереж для передачі даних та хмарних платформ для їх обробки і візуалізації. Водночас існуючі системи мають суттєві недоліки, які обмежують їхню гнучкість, універсальність та доступність для широкого кола користувачів у порівнянні із вимогами, що висувуються до проєктованої комп'ютеризованої системи.

Одним із прикладів готового рішення є Smart Metering [1] від Vodafone Україна, яке пропонує комплекс послуг для автоматизації збору та обліку показників комерційних і технологічних лічильників із використанням NB-IoT мережі для передачі даних (рис. 1.1). Система включає модем або розумний лічильник, мережу NB-IoT та веб-інтерфейс для доступу до даних. Основними перевагами таких рішень є висока енергоефективність, тривала робота пристроїв без заміни батареї (до 5–10 років) та централізований доступ до інформації з різних типів лічильників. Проте ця система має обмеження: вона орієнтована на використання з лічильниками, що мають зовнішній інтерфейс, та часто потребує укладення контракту з оператором, що ускладнює впровадження в невеликих масштабах або для індивідуальних користувачів. Також NB-IoT рішення можуть мати додаткові витрати на платформу та трафік даних, що не завжди є оптимальним для недорогих систем моніторингу.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

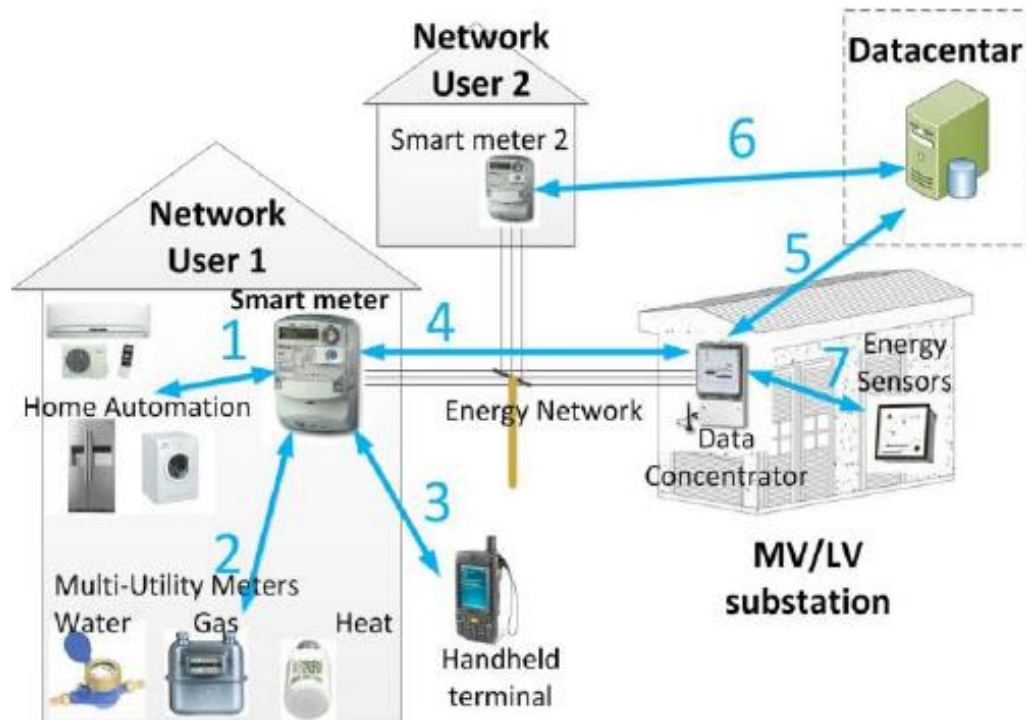


Рисунок 1.1 – Структура системи Smart Metering

Інший напрям рішень представлений стандартом Meter-Bus (M-Bus), який широко використовується для дротового дистанційного зчитування показань [2]. M-Bus – європейський стандарт для створення систем збору даних з лічильників за допомогою двопровідного зв'язку або бездротової версії Wireless M-Bus (рис. 1.2).

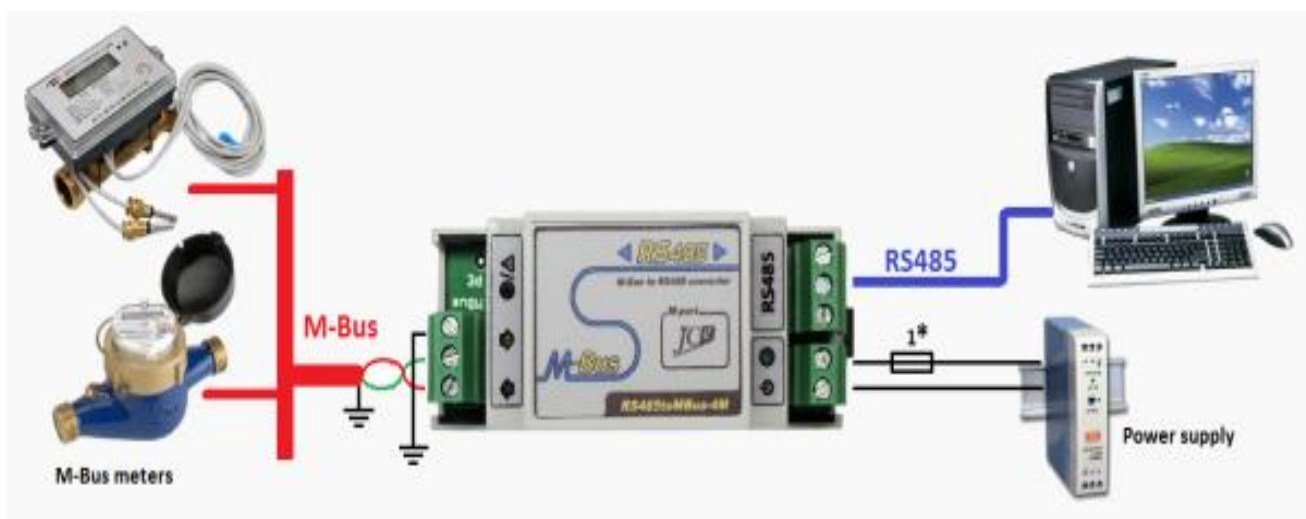


Рисунок 1.2 – Система зчитування даних з лічильників на основі стандарту Meter-Bus

Цей підхід дозволяє зчитувати дані з великої кількості приладів на відстані, що робить його популярним у комунальному секторі. Проте M-Bus має суттєві обмеження, зокрема прив'язку до дротової інфраструктури або використання спеціальних бездротових пристроїв, що збільшує вартість розгортання. Додатково потреба прокладання кабелів та обмежена масштабованість роблять його менш гнучким порівняно з LoRa чи NB-IoT рішеннями.

Комерційні IoT-рішення, наприклад LineMetrics [3], пропонують автоматичне дистанційне зчитування даних з існуючих електричних, газових, водяних та теплових лічильників за допомогою LoRa-мережі (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Система автоматичного дистанційного зчитування показників лічильників LineMetrics

Основною перевагою є здатність інтегруватися з уже встановленими лічильниками незалежно від їхнього виробника, а також підтримка передачі даних навіть у важкодоступних місцях. Проте такі платформи часто орієнтовані на корпоративних клієнтів і можуть вимагати значних фінансових інвестицій у

вигляді підписки на послуги, ліцензій на програмне забезпечення та оплати за обладнання LoRa-мережі. Також ефективність LoRa-зв'язку значною мірою залежить від топографії місцевості та перешкод, що інколи ускладнює гарантований рівень покриття.

Окрім промислових рішень, на ринку представлені програмно-апаратні комплекси, орієнтовані на великий об'єм даних, наприклад системи збору та обробки даних електростанцій, що працюють на стандартних серверах і використовують інтерфейси OPC для комунікації з пристроями. Такі системи забезпечують гнучку обробку та побудову звітів, але вони є складними у впровадженні, зазвичай потребують спеціальної серверної інфраструктури та висококваліфікованого обслуговування. Вони не підходять для малих або середніх проєктів дистанційного зчитування простих механічних лічильників через високу вартість і складність реалізації.

Серед академічних та студентських проєктів також існують технічні реалізації систем дистанційного збору, які використовують мікроконтролери на базі Arduino для збору та передачі даних. Такі рішення зазвичай є дешевими та відкритими, але вони мають обмежений функціонал, низький рівень інтеграції з IoT-платформами та недостатню надійність для комерційного використання. Крім того, вони часто не підтримують стандартизовані протоколи зв'язку, що обмежує їх масштабованість.

Отже, доступні на ринку рішення мають як переваги, так і значні недоліки. Комерційні IoT-системи часто орієнтовані на великі корпоративні проєкти і вимагають значних фінансових ресурсів та залежать від специфічних мережевих технологій. Стандарти типу M-Bus ефективні у межах створених мереж, але менш гнучкі для автономних впроваджень. Дешеві мікроконтролерні реалізації не мають достатнього рівня надійності та інтеграції з сучасними IoT-платформами. Такий аналіз обґрунтовує необхідність розробки власної комп'ютеризованої системи збору даних з механічних лічильників, яка поєднуватиме масштабованість, гнучкість, відносно низьку вартість та універсальність для різних умов застосування.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Для проведення аналізу можливих рішень поставленого завдання необхідно здійснити розгляд альтернативних підходів до побудови апаратної та програмної частин системи, а також вибір оптимальної архітектури з урахуванням вимог технічного завдання. Основною проблемою є необхідність автоматизації зчитування показників з механічних лічильників, які спочатку не були призначені для цифрового обміну даними, при забезпеченні надійності, енергоефективності та масштабованості системи.

Одним із можливих рішень є повна заміна механічних лічильників на електронні або «розумні» прилади обліку з вбудованими інтерфейсами зв'язку. Такий підхід забезпечує високу точність вимірювань і спрощує інтеграцію з інформаційними системами. Проте він потребує значних фінансових витрат, пов'язаних із придбанням нового обладнання та його встановленням, що робить цей варіант економічно недоцільним для об'єктів з великою кількістю вже встановлених механічних лічильників.

Іншим підходом є використання промислових комерційних систем дистанційного збору даних, які базуються на стандартах M-Bus, Wireless M-Bus або NB-IoT. Такі рішення характеризуються високою надійністю та готовністю до експлуатації, однак вони часто мають закриту архітектуру, обмежену гнучкість налаштувань і залежать від конкретних постачальників обладнання або операторів зв'язку. Крім того, вартість впровадження та обслуговування подібних систем може бути надмірною для малих і середніх об'єктів.

Альтернативним варіантом є створення спеціалізованого апаратного модуля, який встановлюється на механічний лічильник та забезпечує зчитування його показників із подальшою передачею даних за допомогою бездротових технологій. У цьому випадку можливе використання мікроконтролерних платформ із вбудованими модулями зв'язку, таких як Wi-Fi або GSM. Даний підхід дозволяє зберегти наявні лічильники, зменшити витрати на модернізацію та адаптувати систему до конкретних умов експлуатації. Недоліком може бути потреба в

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ретельному налаштуванні алгоритмів зчитування та забезпеченні стабільної роботи в автономному режимі.

З точки зору програмного забезпечення можливими є рішення з використанням власного серверного програмного забезпечення або інтеграція з готовими IoT-платформами. Власний сервер забезпечує повний контроль над даними, але потребує значних ресурсів на розгортання та підтримку. Використання IoT-платформ, у свою чергу, дозволяє скоротити час розробки, забезпечити надійне зберігання даних і зручну візуалізацію, проте накладає певні обмеження щодо функціональності та може вимагати додаткових витрат.

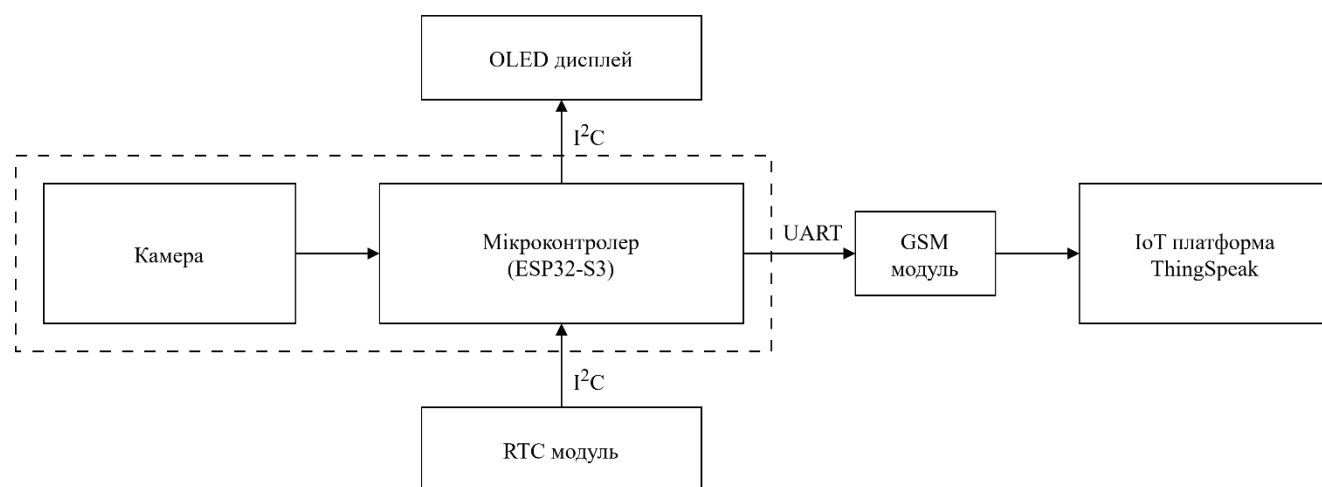
Отже, найбільш доцільним рішенням є розробка комп'ютеризованої системи на базі мікроконтролерної платформи з використанням бездротових IoT-технологій для передавання даних та інтеграцією з хмарною IoT-платформою. Такий підхід забезпечує оптимальне співвідношення між вартістю, функціональністю та гнучкістю системи, дозволяє автоматизувати процес збору даних з механічних лічильників і створює основу для подальшого розвитку та модернізації розробленого рішення.

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Структура системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

Система призначена для автоматизованого зчитування показів механічного лічильника за допомогою камери, їх обробки мікроконтролером, передачі отриманих даних у хмарну IoT платформу для зберігання та аналізу, а також локального відображення значень на дисплеї. Враховуючи ці функції, структура системи включає декілька взаємопов'язаних функціональних модулів: мікроконтролерний модуль з камерою, модуль реального часу, модуль бездротового зв'язку, модуль відображення інформації, модуль живлення та віддалену IoT платформу для обробки та зберігання даних. На рисунку 2.1 наведено структурну схему системи дистанційного збору даних з механічних лічильників.



Рисунки 2.1 – Структурна схема системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

У центрі системи знаходиться мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM, який виконує роль основного обчислювального вузла та координує роботу всіх

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Калищук В.М.</i>			<i>Проектна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>					19	17
<i>Рецензент</i>		<i>Фриз М.Е.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

інших компонентів. До його складу входить мікроконтролер ESP32-S3 із вбудованими засобами бездротового зв'язку та камера, що використовується для отримання зображення шкали механічного лічильника. Саме цей модуль здійснює керування процесом зйомки, попередню обробку отриманого зображення, розпізнавання показів лічильника та передачу отриманих числових даних до інших компонентів системи.

Для забезпечення коректної роботи системи у визначені часові інтервали до структури включено RTC модуль реального часу, який забезпечує точне вимірювання поточного часу та дозволяє організувати періодичний запуск процесу зчитування показів лічильника. Використання такого модуля дає змогу реалізувати режим енергозбереження, у якому основний мікроконтролер перебуває у стані очікування та активується лише у задані моменти часу для виконання процедури збору даних. Зв'язок між RTC модулем реального часу та мікроконтролером здійснюється через цифровий інтерфейс I2C.

Для локального відображення отриманих значень показів лічильника до структури системи включено модуль відображення інформації у вигляді OLED-дисплея. Дисплей використовується для відображення поточного значення показів лічильника, часу останнього вимірювання, а також службової інформації про стан системи. Наявність локального дисплея дозволяє оператору або користувачу контролювати роботу пристрою без необхідності підключення до віддаленої IoT платформи. Обмін даними між мікроконтролером і дисплеєм теж здійснюється за допомогою цифрового інтерфейсу I2C, що забезпечує швидку передачу даних та простоту інтеграції.

Надсилання отриманих даних у віддалену систему моніторингу здійснюється за допомогою GSM модуля, який забезпечує підключення пристрою до мережі мобільного зв'язку та дозволяє передавати дані через мережу Інтернет незалежно від наявності Wi-Fi. GSM модуль взаємодіє з мікроконтролером через послідовний інтерфейс, через який передаються команди керування та пакети даних. Після отримання показів лічильника мікроконтролер формує відповідний інформаційний пакет і передає його через GSM модуль до віддаленого сервера.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Віддалене зберігання, обробка та візуалізація отриманих даних здійснюється за допомогою хмарної IoT платформи ThingSpeak. Дана платформа дозволяє зберігати отримані значення у вигляді часових рядів, виконувати їх подальший аналіз, а також відображати результати у вигляді графіків та таблиць. Завдяки використанню хмарної платформи забезпечується можливість віддаленого доступу до інформації з будь-якого пристрою, підключеного до мережі Інтернет.

Розроблена структура комп'ютеризованої системи забезпечує виконання всіх основних функцій дистанційного збору даних з механічних лічильників, включаючи автоматизоване отримання зображення, обробку інформації, локальне відображення результатів та передачу даних у хмарну систему моніторингу. Обрана архітектура системи є модульною, що спрощує подальшу модернізацію та розширення її функціональних можливостей.

## 2.2 Апаратне забезпечення комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

### 2.2.1 Мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM

Мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM N16R8 є сучасною платою розробника, створеною на базі високопродуктивного мікроконтролера ESP32-S3. Даний модуль призначений для реалізації IoT-пристроїв, систем комп'ютерного зору та вбудованих систем обробки зображень. Його особливістю є інтеграція камери та бездротових інтерфейсів зв'язку безпосередньо на одній платі, що дозволяє створювати компактні пристрої для відеоспостереження, розпізнавання об'єктів та передачі даних у мережу (рис. 2.2).

Основою модуля є мікроконтролер ESP32-S3-N16R8, який містить двоядерний процесор Xtensa LX7. Така архітектура забезпечує достатню обчислювальну продуктивність для виконання алгоритмів цифрової обробки зображень та машинного навчання безпосередньо на мікроконтролері. Наявність зовнішньої PSRAM дозволяє ефективно працювати з буферами зображень та відеопотоками, що є важливим для реалізації систем комп'ютерного зору.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM

Конструктивно модуль являє собою компактну друковану плату, на якій розміщено мікроконтролер, інтерфейс для підключення камери, слот для карти пам'яті microSD, стабілізатори живлення та контакти для підключення периферійних пристроїв. Камера підключається через FPC-роз'єм і може мати роздільну здатність до 2 мегапікселів, що дозволяє отримувати зображення достатньої якості для подальшої обробки. Для взаємодії з іншими компонентами система підтримує широкий набір інтерфейсів: GPIO, UART, I<sup>2</sup>C, SPI, ADC та PWM. Це дає можливість підключати додаткові модулі, наприклад дисплей, RTC-годинник або модем зв'язку (рис. 2.3).

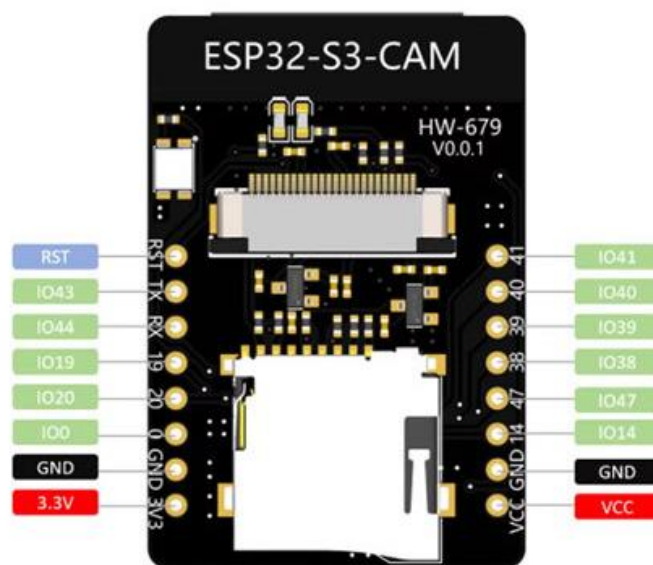


Рисунок 2.3 – Призначення виводів модуля ESP32-S3-CAM

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи модуля полягає у виконанні ПЗ, яке завантажується у флеш-пам'ять мікроконтролера. Після запуску система може здійснювати ініціалізацію камери, захоплення зображень, їх попередню обробку та аналіз. Отримані результати можуть передаватися через Wi-Fi або Bluetooth у зовнішні інформаційні системи чи IoT-платформи. При використанні відповідних бібліотек мікроконтролер здатний виконувати алгоритми машинного навчання, наприклад розпізнавання цифр або об'єктів на зображенні. Характеристики модуля ESP32-S3-CAM приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля ESP32-S3-CAM

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ESP32-S3-N16R8
Архітектура процесора	Xtensa LX7 (двоядерний)
Тактова частота	до 240 МГц
Flash-пам'ять	16 МБ
PSRAM	до 8 МБ
Вбудована RAM	520 КБ
Бездротовий зв'язок	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth
Камера	підтримка модулів OV2640 / OV5640
Максимальна роздільна здатність	до 1600×1200 (2 Мп)
Формати зображень	JPEG, BMP, grayscale
Інтерфейси	GPIO, UART, I <sup>2</sup> C, SPI, ADC, PWM
Слот пам'яті	microSD
Напруга живлення	5 В

Застосування модуля ESP32-S3-CAM у розроблюваній комп'ютеризованій системі є доцільним з кількох причин. По-перше, він має достатню обчислювальну потужність для реалізації алгоритмів локального розпізнавання цифр лічильника, що дозволяє зменшити навантаження на серверну частину системи. По-друге, наявність інтегрованої камери значно спрощує апаратну реалізацію системи,

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оскільки не потребує використання окремого відеомодуля. По-третє, підтримка Wi-Fi забезпечує можливість безпосередньої передачі отриманих даних у хмарні IoT-платформи, зокрема ThingSpeak.

Отже, використання модуля ESP32-S3-CAM дозволяє реалізувати компактну, енергоефективну та функціонально завершену систему автоматизованого зчитування показів лічильників із можливістю локальної обробки зображень та передачі результатів у мережу Інтернет.

### 2.2.2 RTC модуль DS3231

Модуль реального часу DS3231 є високоточним електронним пристроєм, призначеним для вимірювання та зберігання поточного часу і календарної дати в мікроконтролерних системах. Такі модулі широко застосовуються у вбудованих системах, системах автоматизації та пристроях Інтернету речей, де необхідно забезпечити точний облік часу незалежно від роботи основного мікроконтролера. Основою модуля є інтегральна мікросхема реального часу DS3231, яка поєднує у собі генератор тактової частоти, схему підрахунку часу, календарні регістри та інтерфейс зв'язку з мікроконтролером (рис. 2.4).

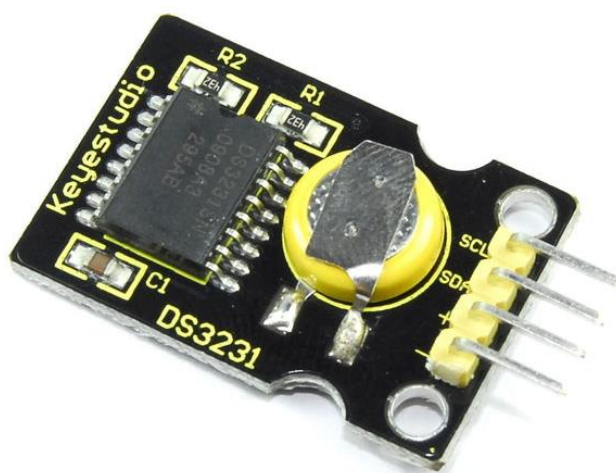


Рисунок 2.4 – RTC модуль DS3231

Будова модуля DS3231 включає кілька основних функціональних елементів. Центральним компонентом є мікросхема DS3231, що містить інтегрований

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

температурно-компенсований кварцовий генератор (ТСХО) та схему підрахунку часу. Використання вбудованого кварцового резонатора дозволяє значно підвищити точність роботи годинника, оскільки частота генератора автоматично коригується залежно від температури навколишнього середовища. Завдяки такій компенсації похибка вимірювання часу становить приблизно  $\pm 2$  ppm у діапазоні температур від 0 до  $+40$  °С, що відповідає похибці приблизно 0,17 секунди на добу.

Крім мікросхеми годинника, на платі модуля зазвичай розташовано допоміжні компоненти. Одним із них є тримач для резервної батареї типу CR2032, яка забезпечує живлення модуля у випадку відключення основного джерела живлення системи. Завдяки цьому модуль продовжує відраховувати час навіть тоді, коли основний пристрій вимкнений або знеструмлений. Тривалість роботи від резервної батареї може становити декілька років завдяки дуже низькому споживанню струму у режимі резервного живлення. В таблиці 2.2 зведені характеристики модуля DS3231.

Таблиця 2.2 – Характеристики модуля DS3231

Характеристика	Значення
Робоча напруга	2,3 – 5,5 В
Інтерфейс зв'язку	I <sup>2</sup> C
Максимальна швидкість I <sup>2</sup> C	400 кГц
Точність ходу	$\pm 2$ ppm (0...40 °С)
Температурний діапазон	-40...+85 °С
Резервне живлення	батарея CR2032
Споживання струму	$\approx 1,5$ $\mu$ А
Підтримка високосних років	до 2100 року
Кількість будильників	2 програмовані
Додаткові функції	температурний давач
Додаткова пам'ять	EEPROM AT24C32 (32 Кбіт)

Ще одним елементом модуля є енергонезалежна пам'ять EEPROM типу AT24C32, яка часто інтегрується у складі модуля. Ця пам'ять використовується для зберігання додаткових параметрів або службових даних, що можуть використовуватися ПЗ системи. Наявність такої пам'яті дозволяє зберігати інформацію навіть після відключення живлення.

Для підключення до мікроконтролера модуль використовує стандартний двопровідний інтерфейс I<sup>2</sup>C, який складається з двох ліній. Завдяки цьому інтерфейсу модуль легко інтегрується у більшість сучасних мікроконтролерних систем. Передача даних здійснюється у вигляді пакетів через шину I<sup>2</sup>C зі швидкістю до 400 кГц.

Принцип роботи модуля DS3231 базується на використанні високостабільного генератора тактових імпульсів, частота якого визначає точність вимірювання часу. Генератор формує тактові імпульси, які надходять до внутрішнього лічильника часу. Цей лічильник послідовно підраховує секунди, хвилини, години, дні тижня, дату, місяць та рік. У мікросхемі реалізована автоматична корекція календаря для різної кількості днів у місяцях, а також автоматичний облік високосних років до 2100 року.

Модуль містить декілька регістрів, у яких зберігається інформація про поточний час та дату. Мікроконтролер системи може зчитувати ці дані або змінювати їх за допомогою команд через інтерфейс I<sup>2</sup>C. Крім того, мікросхема підтримує функцію програмованих сигналів тривоги (alarms). Це дозволяє встановлювати певні часові події, при досягненні яких модуль формує сигнал переривання для мікроконтролера. Також модуль може генерувати програмований квадратний сигнал різної частоти, який може використовуватися для синхронізації інших пристроїв.

Завдяки наявності температурного давача модуль має змогу коригування частоти генератора для компенсації температурних впливів. Це дозволяє забезпечити значно вищу точність роботи порівняно з простими RTC-модулями, які використовують зовнішній кварцовий резонатор без температурної компенсації.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір модуля DS3231 для реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників є технічно обґрунтованим. По-перше, модуль забезпечує дуже високу точність вимірювання часу, що є важливим для систем, які здійснюють періодичний збір даних. Це дозволяє виконувати зчитування показів лічильника у строго визначені часові інтервали. По-друге, наявність резервного живлення гарантує збереження поточного часу навіть у випадку відключення основного живлення системи. Це особливо важливо для автономних IoT-пристроїв. По-третє, використання стандартного інтерфейсу I<sup>2</sup>C забезпечує просту інтеграцію модуля з мікроконтролерним модулем системи без необхідності використання великої кількості з'єднувальних ліній. Крім того, модуль має низьке енергоспоживання та компактні габарити, що дозволяє використовувати його у вбудованих системах невеликого розміру.

Застосування модуля DS3231 у структурі розроблюваної комп'ютеризованої системи дозволяє забезпечити точну синхронізацію процесів збору даних, підвищити надійність роботи системи та реалізувати функції планування періодичних вимірювань, що є важливими для ефективного функціонування систем дистанційного моніторингу.

### 2.2.3 OLED-дисплей

OLED-дисплей є компактним графічним модулем відображення інформації, який широко застосовується у вбудованих електронних системах, мікроконтролерних пристроях та системах Інтернету речей. Для реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних використовується графічний OLED-дисплей. Даний дисплей забезпечує зручне локальне відображення інформації, зокрема поточних показів лічильника, службових повідомлень або стану роботи системи.

OLED — це технологія дисплеїв, у якій світло випромінюється безпосередньо органічними світлодіодами, що формують пікселі зображення. Також такі дисплеї мають дуже високу читабельність навіть при різних умовах освітлення.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивно OLED-модуль складається з декількох основних елементів. Центральною частиною є матриця органічних світлодіодів, яка формує зображення. Матриця має роздільну здатність 128×64 пікселі, що дозволяє відображати текстову інформацію, просту графіку та символи. Кожен піксель керується індивідуально, що дає можливість формувати будь-яке графічне зображення (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – OLED-дисплей

Для керування дисплеєм використовується спеціалізований контролер SSD1306, який інтегрований безпосередньо на платі модуля. Контролер виконує функції генерації сигналів керування матрицею, формування зображення, керування контрастністю та обміну даними з мікроконтролером. SSD1306 також містить вбудовану пам'ять відеобуфера, у якій зберігається інформація про стан кожного пікселя дисплея. Після запису даних у буфер контролер автоматично формує відповідне зображення на екрані.

OLED-дисплей підключається до мікроконтролера через інтерфейс I<sup>2</sup>C. Така схема підключення значно спрощує інтеграцію дисплея з мікроконтролерними системами та дозволяє використовувати мінімальну кількість виводів мікроконтролера. Технічні характеристики OLED-дисплея наведені в таблиці 2.3.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики OLED-дисплея

Характеристика	Значення
Контролер	SSD1306
Діагональ екрана	0,96"
Роздільна здатність	128 × 64 пікселі
Колір зображення	жовто-синій
Інтерфейс зв'язку	I <sup>2</sup> C
Кількість контактів	4 (VCC, GND, SDA, SCL)
Робоча напруга	3,3–5 В
Споживаний струм	до 15 мА
Кут огляду	понад 160°
Контрастність	до 2000:1
Робоча температура	приблизно –30...+80 °С

Принцип роботи дисплея полягає у послідовній передачі даних з мікроконтролера до контролера дисплея через інтерфейс I<sup>2</sup>C. Мікроконтролер формує графічні дані у вигляді масиву байтів, які описують стан пікселів екрана. Ці дані передаються до внутрішньої пам'яті дисплея, після чого контролер SSD1306 здійснює мультиплексування рядків і стовпців матриці та подає відповідні сигнали керування на OLED-елементи. У результаті відповідні пікселі випромінюють світло, формуючи зображення на екрані.

Однією з важливих переваг OLED-дисплеїв є висока контрастність зображення, що може досягати приблизно 2000:1, а також дуже широкий кут огляду, який наближається до 180°. Завдяки цьому інформація на дисплеї залишається добре видимою практично під будь-яким кутом. Крім того, такі дисплеї мають дуже низьке енергоспоживання (близько 10–15 мА), що робить їх особливо придатними для використання у портативних та автономних пристроях.

Вибір OLED-дисплея для реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних є технічно обґрунтованим з кількох причин. По-перше, компактні габарити та невелика кількість контактів значно спрощують

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підключення дисплея до мікроконтролера системи. По-друге, підтримка інтерфейсу I<sup>2</sup>C дозволяє легко інтегрувати дисплей у систему разом з іншими пристроями, що також використовують цю шину. По-третє, висока контрастність та широкий кут огляду забезпечують хорошу читабельність інформації навіть у складних умовах освітлення. По-четверте, низьке енергоспоживання дисплея є важливим для систем IoT, які часто працюють у режимі тривалого автономного функціонування.

Використання OLED-дисплея дозволяє забезпечити зручне локальне відображення інформації у розроблюваній системі, не ускладнюючи її апаратну структуру та не збільшуючи енергоспоживання пристрою.

#### 2.2.4 GSM модуль SIM800L

GSM модуль SIM800L є компактним телекомунікаційним пристроєм, призначеним для реалізації бездротового зв'язку у вбудованих електронних системах та пристроях Інтернету речей. Даний модуль забезпечує передачу даних через мережі мобільного зв'язку стандарту GSM і дозволяє мікроконтролерним системам обмінюватися інформацією з віддаленими серверами або іншими пристроями через Інтернет. Завдяки малим габаритам, відносно низькій вартості та підтримці стандартних інтерфейсів зв'язку модуль SIM800L застосовується у системах дистанційного моніторингу, телеметрії, автоматизації та IoT-проектах (рис. 2.6).

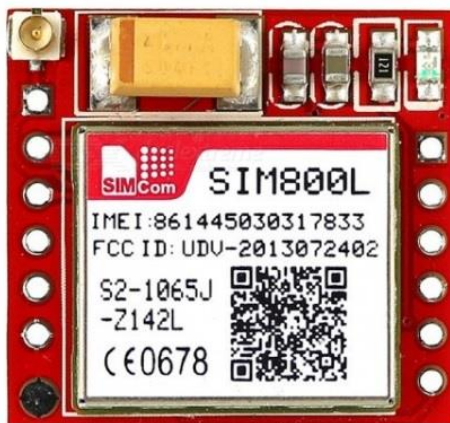


Рисунок 2.6 – GSM модуль SIM800L

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основою модуля є мікросхема SIM800L виробництва компанії SIMCom, яка реалізує функції GSM-модему. Дана мікросхема підтримує роботу у чотирьох частотних діапазонах мобільного зв'язку: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800 та PCS 1900 МГц. Завдяки цьому модуль може працювати практично у будь-якій мережі мобільного зв'язку, що підтримує стандарт GSM. Підтримка протоколу GPRS дозволяє передавати пакети даних через мережу Інтернет із максимальною швидкістю до приблизно 85,6 кбіт/с, що є достатнім для передачі телеметричних даних у IoT системах.

Конструктивно модуль SIM800L виконаний у вигляді невеликої друкованої плати, на якій розміщено GSM-чіп, допоміжні електронні компоненти та роз'єми для підключення зовнішніх пристроїв. На платі розташований слот для встановлення мікро-SIM карти, яка використовується для реєстрації модуля у мережі мобільного оператора. Також передбачено роз'єм для під'єднання антени, що забезпечує стабільний прийом і передачу радіосигналу. Для індикації стану роботи модуля використовується світлодіод, який сигналізує про процес пошуку мережі, встановлення з'єднання або передачу даних. Характеристики GSM модуля SIM800L наведені таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики GSM модуля SIM800L

Характеристика	Значення
Тип модуля	GSM/GPRS модем
Основна мікросхема	SIM800L
Частотні діапазони	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 МГц
Підтримка передачі даних	GPRS Class 12
Максимальна швидкість передачі даних	до 85.6 кбіт/с
Робоча напруга живлення	3,4 – 4,4 В (типово 4 В)
Максимальний струм споживання	до 2 А
Струм у режимі очікування	1–7 мА
Інтерфейс зв'язку з мікроконтролером	UART
Швидкість UART	1200 – 115200 біт/с
Тип SIM-карти	micro-SIM

Взаємодія модуля з мікроконтролером реалізується через послідовний інтерфейс UART. Передача даних відбувається за допомогою стандартного набору AT-команд, які використовуються для керування GSM-модемами. Мікроконтролер надсилає відповідні команди через послідовний порт, після чого модуль виконує необхідні операції, наприклад реєстрацію у мережі, встановлення з'єднання з сервером або передачу пакета даних. Підтримуються стандартні протоколи, такі як TCP/IP, HTTP та FTP, що дозволяє забезпечити інтеграцію модуля з хмарними IoT платформами.

Принцип роботи GSM модуля полягає у використанні інфраструктури мобільних мереж для передачі інформації. Після подачі живлення модуль ініціалізує апаратну частину, зчитує дані SIM-карти та виконує реєстрацію у мережі мобільного оператора. Після успішної реєстрації мікроконтролер може надсилати команди для надсилання даних через GPRS-з'єднання. У контексті розроблюваної комп'ютеризованої системи модуль використовується для передачі отриманих значень показів лічильника до хмарної IoT платформи через мережу Інтернет. Таким чином забезпечується можливість віддаленого моніторингу даних незалежно від наявності локальної мережі Wi-Fi.

Живлення модуля здійснюється від джерела постійної напруги у діапазоні приблизно 3,4–4,4 В, при цьому оптимальним значенням є близько 4 В. Під час передачі даних модуль може споживати імпульсний струм до 2 А, тому джерело живлення повинно забезпечувати достатній запас потужності для стабільної роботи. У режимі очікування або енергозбереження споживання струму значно зменшується і може становити лише декілька міліампер.

Вибір GSM модуля SIM800L для реалізації комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних є технічно обґрунтованим. Використання мобільної мережі дозволяє передавати дані з пристрою незалежно від наявності локальної мережі Wi-Fi або інших засобів зв'язку. Це особливо важливо для систем моніторингу лічильників, які можуть розташовуватися у підвалах, технічних приміщеннях або інших місцях з обмеженим доступом до локальних мереж. Модуль має компактні розміри та простий інтерфейс підключення, що дозволяє

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

легко інтегрувати його у мікроконтролерну систему. Підтримка стандартних мережевих протоколів забезпечує можливість прямої передачі даних на хмарні IoT платформи, такі як системи збору та аналізу телеметричних даних.

Застосування GSM модуля SIM800L дозволяє забезпечити надійний канал передачі даних між пристроєм збору інформації та віддаленим сервером, що є важливою умовою ефективної роботи комп'ютеризованої системи дистанційного моніторингу показів механічних лічильників.

### 2.3 Опис електричної принципової схеми пристрою для дистанційного збору даних з механічних лічильників

Електрична принципова схема пристрою для дистанційного збору даних з механічних лічильників представлена на рисунку 2.7.

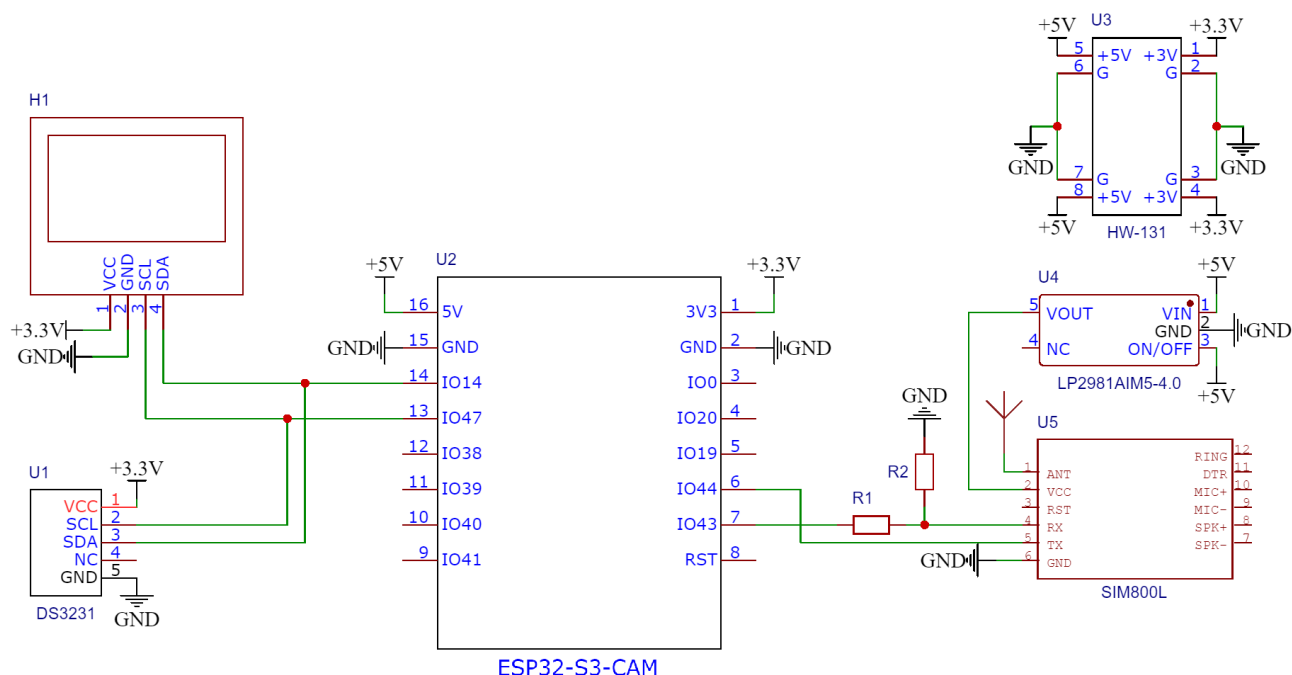


Рисунок 2.7 – Електрична принципова схема пристрою для дистанційного збору даних з механічних лічильників

Вона включає мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM, RTC модуль DS3231, OLED-дисплей з інтерфейсом I<sup>2</sup>C, GSM-модуль SIM800L для передачі

даних, модуль живлення для макетної плати з вихідними напругами 5 В та 3,3 В, а також допоміжні елементи, зокрема резистори, що використовуються для формування подільника напруги при узгодженні логічних рівнів сигналів.

Центральним елементом електричної схеми є мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM, який виконує функції керування всіма периферійними пристроями, обробки зображень, отриманих з камери, а також передачі даних у зовнішні інформаційні системи. Модуль живиться напругою 5 В, яка подається на контакт 5V плати ESP32-S3-CAM. Для стабільної роботи внутрішніх компонентів мікроконтролера використовується вбудований стабілізатор, який формує робочу напругу 3,3 В.

До мікроконтролера через інтерфейс I<sup>2</sup>C підключено RTC модуль DS3231. Лінія синхронізації SCL модуля DS3231 підключається до порту GPIO47 мікроконтролера, тоді як лінія передачі даних SDA з'єднується з портом GPIO14. Така конфігурація забезпечує обмін даними між мікроконтролером та модулем реального часу з використанням стандартного двопровідного інтерфейсу.

До тієї ж шини I<sup>2</sup>C підключається OLED-дисплей на базі контролера SSD1306, що дозволяє використовувати спільні лінії зв'язку з модулем DS3231. Дисплей використовується для відображення поточних показів лічильника, часу зчитування та службової інформації про стан системи.

Для забезпечення передачі даних у мережу мобільного зв'язку до системи підключено GSM-модуль SIM800L. Зв'язок між мікроконтролером і GSM-модулем реалізується через послідовний інтерфейс UART. Вивід TXD модуля SIM800L підключається безпосередньо до входу прийому даних RX мікроконтролера, який відповідає порту GPIO44. У свою чергу, передавальний порт мікроконтролера GPIO43 (TX) з'єднується з входом RXD модуля SIM800L через резистивний подільник напруги. Подільник формується двома резисторами, наприклад номіналом 10 кОм та 20 кОм, що дозволяє знизити рівень логічного сигналу до безпечного значення для входу модуля GSM.

Живлення GSM-модуля здійснюється окремо від джерела напруги 4 В, яке формується модулем живлення або окремим стабілізатором. Така схема живлення

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідна через значні імпульсні струми споживання GSM-модуля під час передачі даних.

Така конфігурація електричної принципової схеми забезпечує узгоджену роботу всіх компонентів системи, дозволяє виконувати зчитування показів механічних лічильників за допомогою камери мікроконтролера, обробляти отримані дані, відображати результати на дисплеї та передавати їх у віддалену IoT-платформу для подальшого зберігання і аналізу.

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

## РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

Алгоритм роботи системи базується на взаємодії кількох основних апаратних компонентів: мікроконтролерного модуля ESP32-S3-CAM, RTC-модуля, OLED-дисплея, GSM модуля SIM800L, а також хмарної IoT платформи ThingSpeak. Центральним елементом алгоритму є мікроконтролер, який координує роботу всіх периферійних модулів.

Після подачі живлення на пристрій відбувається початковий етап ініціалізації системи. На цьому етапі мікроконтролер виконує налаштування апаратних інтерфейсів, які використовуються для взаємодії з периферійними пристроями. Зокрема, ініціалізується інтерфейс I<sup>2</sup>C для обміну даними з модулем реального часу та OLED-дисплеєм, а також інтерфейс UART для зв'язку з GSM модулем. Крім того, здійснюється ініціалізація камери, яка використовується для отримання зображення шкали механічного лічильника.

Після завершення ініціалізації мікроконтролер виконує перевірку працездатності основних компонентів системи. Для цього здійснюється зчитування поточного часу з RTC-модуля, перевіряється доступність OLED-дисплея, а також встановлюється зв'язок з GSM модулем. У випадку виникнення помилок ініціалізації відповідна інформація може відображатися на дисплеї або повторюється процедура підключення до відповідного модуля.

Наступним етапом роботи алгоритму є перехід системи у режим очікування (рис. 3.1). У цьому режимі мікроконтролер періодично звертається до модуля реального часу для перевірки поточного часу. Зчитування показів лічильника виконується через визначені часові інтервали. Такий підхід дозволяє оптимізувати енергоспоживання системи та забезпечити регулярний збір даних.

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Калищук В.М.</i>			<i>Практична частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>					36	16
<i>Рецензент</i>		<i>Фриз М.Е.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						



Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

Коли настає заданий момент часу, система переходить до процедури зчитування показів лічильника. На цьому етапі мікроконтролер активує камеру модуля ESP32-S3-CAM та виконує отримання зображення механічного лічильника. Це зображення зберігається у буфері пам'яті мікроконтролера та передається до програмного модуля для обробки. У цьому модулі виконується попередня обробка кадру, яка включає зміну розміру зображення, перетворення у відтінки сірого, підвищення контрастності та виділення області, де розташовані цифри лічильника.

Після завершення попередньої обробки виконується процедура розпізнавання цифр, що відображають покази лічильника. Для цього використовуються алгоритми оптичного розпізнавання символів. Результатом цієї операції є числове значення показів лічильника, яке зберігається у пам'яті мікроконтролера для подальшої обробки.

Отримане значення показів лічильника відображається на OLED-дисплеї, що дозволяє користувачеві локально контролювати результати вимірювання. Крім того, на дисплеї відображається поточний час та інформація про стан системи. Використання локального дисплея значно підвищує зручність експлуатації системи та дозволяє швидко перевірити її працездатність.

Наступним етапом алгоритму є передача отриманих даних до віддаленої IoT платформи. Для цього мікроконтролер формує інформаційний пакет, який містить значення показів лічильника, дату та час вимірювання. Після цього через інтерфейс UART надсилаються відповідні AT-команди до GSM модуля SIM800L, який встановлює GPRS-з'єднання з мережею мобільного оператора. Після встановлення з'єднання дані передаються на сервер IoT платформи ThingSpeak за допомогою HTTP-запиту.

Після успішної передачі даних система отримує підтвердження від сервера, що свідчить про успішне збереження інформації у хмарному сховищі. У разі виникнення помилки передачі алгоритм передбачає повторну спробу надсилання даних через певний проміжок часу. Це дозволяє підвищити надійність роботи системи та уникнути втрати важливої інформації.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення процедури передачі даних система повертається у режим очікування до наступного циклу збору інформації. У такому режимі мікроконтролер періодично перевіряє поточний час і виконує наступне зчитування показів лічильника у визначений момент. Таким чином реалізується циклічний алгоритм роботи системи.

## 3.2 Розробка програмного забезпечення

### 3.2.1 Ініціалізація системи у функції setup()

Функція setup() забезпечує підготовку як апаратних, так і програмних ресурсів до подальшого виконання основного алгоритму, що реалізується у безкінечному циклі (рис. 3.2).

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin(14,47);
  initCamera();
  initDisplay();
  initRTC();
  initGSM();
}
```

Рисунок 3.2 – Лістинг функції setup()

На першому етапі у функції setup() виконується ініціалізація інтерфейсу I<sup>2</sup>C за допомогою виклику Wire.begin(14,47). У даному випадку явно задаються номери виводів мікроконтролера, які використовуються як лінії SDA (GPIO14) та SCL (GPIO47). Це необхідно для коректної роботи периферійних пристроїв, підключених до шини I<sup>2</sup>C, зокрема модуля реального часу та OLED-дисплея.

Наступним кроком є виклик підпрограми initCamera(), яка здійснює повну конфігурацію та ініціалізацію камери. У результаті виконання цієї підпрограми камера переходить у робочий режим і стає готовою до захоплення зображень, що є важливим для реалізації функції розпізнавання показів механічного лічильника.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після цього викликається підпрограма `initDisplay()`, яка відповідає за запуск OLED-дисплея та відображення початкового повідомлення. Це дозволяє користувачу переконатися у коректності запуску системи та функціонуванні інтерфейсу візуалізації.

Далі виконується ініціалізація модуля реального часу шляхом виклику підпрограми `initRTC()`. Після її виконання система отримує доступ до точного часу, який у подальшому використовується для формування часових міток під час зчитування та передачі даних.

Завершальним етапом функції `setup()` є виклик підпрограми `initGSM()`, яка забезпечує ініціалізацію GSM-модуля та встановлення GPRS-з'єднання. Це дозволяє підготувати канал передачі даних у мережу Інтернет, що необхідно для подальшого надсилання інформації на IoT-платформу ThingSpeak.

### 3.2.2 Реалізація основного циклу роботи системи у підпрограмі `loop()`

Підпрограма `loop()` реалізує періодичне зчитування показів лічильника, їх обробку, відображення та передачу на віддалену IoT-платформу (рис. 3.3).

```
void loop()
{
    DateTime now = rtc.now();
    if(now.hour() != lastSendHour)
    {
        camera_fb_t *fb = captureImage();
        if(fb != NULL)
        {
            String meterValue = recognizeDigits(fb);
            String dateTime =
                String(now.year()) + "-" +
                String(now.month()) + "-" +
                String(now.day()) + " " +
                String(now.hour()) + ":" +
                String(now.minute());
            displayData(meterValue, dateTime);
            sendToThingSpeak(meterValue, dateTime);
            esp_camera_fb_return(fb);
            lastSendHour = now.hour();
        }
    }
    delay(60000);
}
```

Рисунок 3.3 – Лістинг підпрограми `loop()`

						КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40

На початку кожної ітерації циклу виконується отримання поточного часу з модуля реального часу за допомогою виклику `rtc.now()`. Отримане значення зберігається у змінній `now`, яка містить дані про поточну дату та час, включаючи рік, місяць, день, годину та хвилини. Це необхідно для формування часової мітки, яка буде прив'язана до отриманих показів лічильника.

Далі реалізовано перевірку умови, яка забезпечує передачу даних лише один раз на годину. Змінна `lastSendHour` зберігає значення дня, коли востаннє було виконано відправлення даних. Якщо поточний день відрізняється від збереженого, це означає, що нова доба вже настала, і система повинна виконати процедуру зчитування та передачі інформації.

У разі виконання цієї умови викликається підпрограма `captureImage()`, яка здійснює захоплення зображення з камери. Результат зберігається у вказівнику `fb` типу `camera_fb_t`, що представляє буфер кадру. Після цього виконується перевірка, яка гарантує, що зображення було успішно отримано і доступне для подальшої обробки.

Наступним етапом є виклик функції `recognizeDigits(fb)`, яка виконує розпізнавання цифр на зображенні механічного лічильника та повертає результат у вигляді рядка `meterValue`. Це значення представляє собою цифрові покази лічильника, отримані шляхом обробки зображення.

Після цього формується рядок `dateTime`, який містить дату та час у текстовому форматі. Для цього послідовно об'єднуються окремі компоненти часу, отримані з об'єкта `now`, із використанням символів розділення. Такий формат дозволяє зручно зберігати та передавати часову інформацію разом із показами лічильника.

Далі викликається підпрограма `displayData()`, яка відповідає за відображення отриманих даних на OLED-дисплеї. Це дозволяє користувачу візуально контролювати результати роботи системи безпосередньо на пристрої. Після відображення даних виконується передача інформації на IoT-платформу шляхом виклику функції `sendToThingSpeak()`. У результаті покази лічильника разом із часовою міткою передаються у хмарне середовище для подальшого зберігання.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення обробки кадру викликається функція `esp_camera_fb_return(fb)`, яка звільняє пам'ять, виділену для буфера зображення, що є важливим для ефективного використання ресурсів мікроконтролера. Далі змінній `lastSendHour` присвоюється поточне значення дня, що запобігає повторній передачі даних протягом тієї ж доби.

На завершення кожної ітерації циклу виконується затримка, яка становить 60 секунд. Це дозволяє зменшити навантаження на мікроконтролер та забезпечує періодичну перевірку умов виконання основного алгоритму без надмірного використання обчислювальних ресурсів.

### 3.2.3 Реалізація алгоритму захоплення зображення з камери

Функція `captureImage()` призначена для отримання зображення з камери мікроконтролерного модуля та є одним із ключових елементів підсистеми комп'ютерного зору. Вона забезпечує формування кадру, який у подальшому використовується для обробки та розпізнавання показів механічного лічильника (рис. 3.4).

```
camera_fb_t *captureImage()
{
    camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb)
    {
        Serial.println("Camera capture failed");
        return NULL;
    }
    return fb;
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг функції `captureImage()`

У тілі підпрограми викликається функція `esp_camera_fb_get()`, яка повертає вказівник на структуру типу `camera_fb_t`. Ця структура містить буфер кадру, тобто масив байтів із зображенням, а також додаткову службову інформацію, зокрема розмір буфера та параметри кадру. Отримане значення зберігається у змінній `fb`, яка використовується як посилання на захоплене зображення.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після отримання кадру виконується перевірка коректності результату за допомогою умови `if (!fb)`. Така перевірка є необхідною, оскільки у разі помилки ініціалізації камери або збою під час захоплення зображення функція може повернути нульовий вказівник. Якщо це відбувається, у послідовний порт виводиться повідомлення про помилку "Camera capture failed", що дозволяє здійснювати діагностику системи під час налагодження. Після цього підпрограма завершує виконання, повертаючи значення `NULL`, що сигналізує іншим частинам програми про неможливість подальшої обробки зображення.

У випадку успішного захоплення кадру підпрограма повертає вказівник `fb`, який містить адресу буфера із зображенням. Цей буфер використовується в наступних етапах обробки, зокрема для виконання алгоритмів розпізнавання цифр. Важливо зазначити, що після завершення роботи з отриманим кадром необхідно звільнити зайняту пам'ять за допомогою функції `esp_camera_fb_return()`, що викликається в іншій частині програми.

### 3.2.4 Реалізація алгоритму розпізнавання показів лічильника

Функція `recognizeDigits()` призначена для обробки отриманого з камери зображення та формування числового значення, яке інтерпретується як покази лічильника. Вона приймає як вхідний параметр вказівник на структуру `camera_fb_t`, що містить буфер зображення (`fb->buf`) та його довжину (`fb->len`), і повертає результат у вигляді рядка типу `String` (рис. 3.5).

```
String recognizeDigits(camera_fb_t *fb)
{
    int sum = 0;
    for(int i = 0; i < fb->len; i += 50)
    {
        sum += fb->buf[i];
    }
    int value = (sum % 90000) + 10000;
    return String(value);
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг функції `recognizeDigits()`

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

На початку виконання підпрограми ініціалізується змінна `sum`, яка використовується як накопичувач для обчислення сумарного значення вибірових пікселів зображення. Далі реалізується цикл `for`, який проходить по буферу зображення з кроком 50 байтів. Такий підхід дозволяє значно зменшити обчислювальне навантаження на мікроконтролер, оскільки обробляється не кожен піксель, а лише їх частина. На кожній ітерації до змінної `sum` додається значення відповідного байта з буфера, що фактично формує узагальнену характеристику зображення.

Після завершення циклу виконується обчислення змінної `value`, яка визначається як залишок від ділення суми `sum` на 90000 з подальшим додаванням 10000. Така математична операція дозволяє отримати п'ятизначне число в діапазоні від 10000 до 99999. Це значення умовно інтерпретується як покази лічильника, що дозволяє імітувати процес розпізнавання числової інформації.

На завершальному етапі підпрограма перетворює отримане числове значення у рядковий формат та повертає його як результат роботи функції. Це забезпечує зручність подальшого використання даних, зокрема для відображення на дисплеї або передачі на віддалений сервер.

### 3.2.5 Реалізація відображення даних на OLED-дисплеї

Підпрограма `displayData()` призначена для виведення результатів роботи системи на OLED-дисплеї, забезпечуючи наочне представлення показів лічильника та відповідної часової мітки (рис. 3.6).

```
void displayData(String value, String dateTime)
{
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0,0);
    display.println("Meter value:");
    display.setTextSize(2);
    display.println(value);
    display.setTextSize(1);
    display.println(dateTime);
    display.display();
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг підпрограми `displayData()`

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Вона приймає два параметри: `value`, що містить розпізнане значення показів, та `dateTime`, який представляє дату і час отримання цих даних. На початку виконання підпрограми викликається метод `display.clearDisplay()`, який очищає буфер дисплея. Це необхідно для уникнення накладання нової інформації на попередню та забезпечення коректного відображення актуальних даних. Після цього за допомогою функції `display.setCursor(0,0)` встановлюється початкова позиція курсора у верхньому лівому куті екрана, звідки починається виведення тексту.

Далі виводиться службовий напис "Meter value:", який інформує користувача про наступне значення. Для підвищення візуальної читабельності показів виконується зміна розміру шрифту за допомогою `display.setTextSize(2)`, після чого виводиться саме значення змінної `value`. Збільшений розмір шрифту дозволяє легко ідентифікувати основний параметр навіть на невеликому екрані.

Після цього розмір шрифту повертається до стандартного значення, і виводиться рядок `dateTime`, який містить дату та час фіксації показів. Це забезпечує контекстність даних і дозволяє користувачу визначити момент їх отримання.

На завершальному етапі викликається метод `display.display()`, який передає сформований буфер на фізичний дисплей, фактично оновлюючи зображення на екрані. До цього моменту всі операції виконуються лише з внутрішнім буфером, що дозволяє уникнути мерехтіння та підвищує якість відображення.

### 3.2.6 Реалізація передачі даних на платформу ThingSpeak через GSM-модуль

Підпрограма `sendToThingSpeak()` призначена для передачі отриманих та оброблених даних на віддалену IoT-платформу ThingSpeak з використанням GSM-зв'язку. Вона приймає два параметри: `value`, що містить розпізнані покази лічильника, та `dateTime`, який представляє дату і час фіксації цих показів (рис. 3.7).

На початку виконання підпрограми ініціалізується HTTP-сесія за допомогою AT-команди `AT+HTTPINIT`, яка передається через послідовний інтерфейс `gsm`. Ця команда переводить GSM-модуль у режим роботи з HTTP-запитами, що є

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

необхідною передумовою для подальшої передачі даних на сервер. Після цього виконується затримка, яка забезпечує достатній час для обробки команди модулем.

```
void sendToThingSpeak(String value, String dateTime)
{
    gsm.println("AT+HTTPINIT");
    delay(1000);
    String url = "AT+HTTPPARA=\"URL\", \"
```

### 3.3 Налаштування хмарної IoT платформи ThingSpeak

Для організації дистанційного зберігання, обробки та візуалізації даних у розробленій системі збору показів механічних лічильників було використано хмарну IoT платформу ThingSpeak. Дана платформа забезпечує приймання даних від пристроїв Інтернету речей за допомогою HTTP-запитів, їх подальше зберігання у базі даних та відображення у вигляді графіків і таблиць у веб-інтерфейсі. Використання цієї платформи дозволило реалізувати централізований моніторинг показів лічильників, а також забезпечити можливість подальшого аналізу отриманих даних.

На початковому етапі налаштування після входу до середовища платформи було створено новий канал даних (Channel), який використовується для приймання та зберігання інформації від мікроконтролерного модуля системи. Під час створення каналу було задано його назву, короткий опис та налаштовано структуру полів даних. Оскільки система передбачає передавання числового значення показів лічильника, у каналі було активовано поле Field 1, яке використовується для запису отриманого значення, у якому фіксується результат розпізнавання показів лічильника. Поле Field 2 використовується для запису дати та часу.

Після створення каналу платформа автоматично згенерувала унікальні ключі доступу (API Keys), які використовуються для взаємодії зовнішніх пристроїв з хмарним сервісом. Для передачі даних від мікроконтролера було використано Write API Key, що дозволяє надсилати значення у відповідні поля каналу. Цей ключ був використаний у програмному коді мікроконтролера як параметр HTTP-запиту, що забезпечує авторизовану передачу інформації на сервер платформи. Передача даних здійснювалася шляхом формування GET-запиту до адреси сервера платформи із зазначенням ключа доступу та значення параметра, яке передається у відповідне поле каналу.

Для візуалізації отриманих даних у веб-інтерфейсі платформи було налаштовано графічне відображення значень у вигляді часових графіків. Після надходження даних у канал платформа автоматично формує графік зміни показів

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лічильника у часі, що дозволяє відстежувати динаміку споживання ресурсів. Окрім графічного відображення, платформа також зберігає всі отримані значення у вигляді таблиці, де для кожного запису фіксується дата та час надходження даних (рис. 3.8).

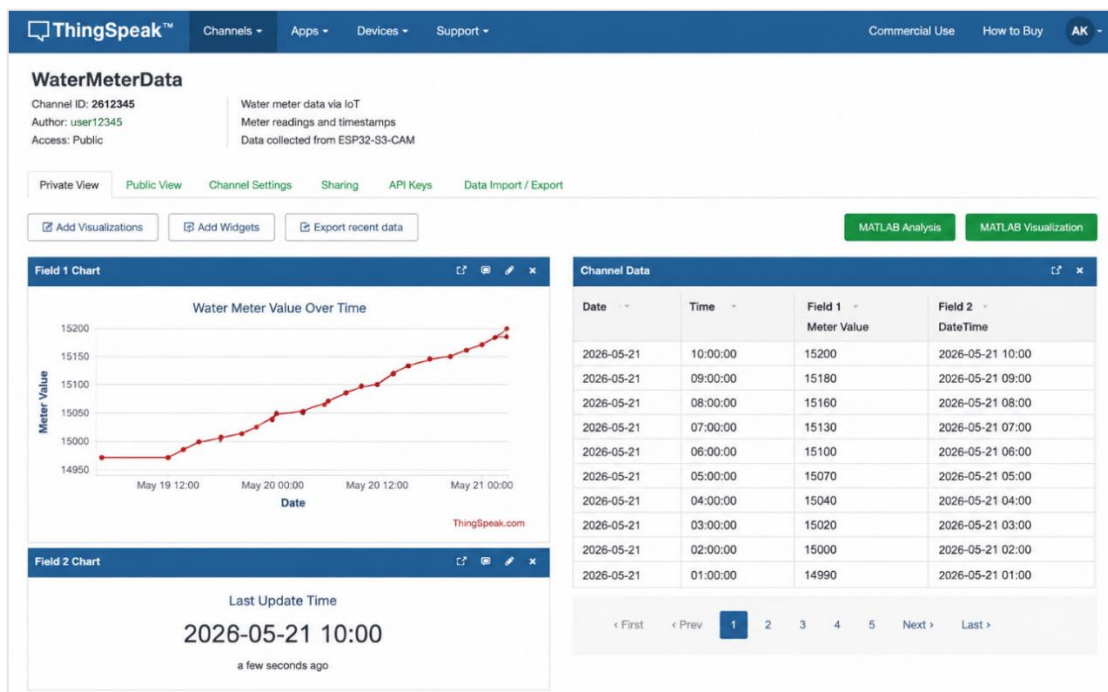


Рисунок 3.8 – Процес налаштування графічного відображення значень в ThingSpeak

Оскільки передача інформації від розробленої системи здійснюється через GSM-модуль з використанням протоколу HTTP, у ПЗ мікроконтролера було реалізовано формування відповідного запиту до сервера платформи. Під час роботи системи після розпізнавання показів лічильника формується HTTP-запит, у якому передається ключ доступу та числове значення показів. Після отримання запиту сервер платформи обробляє його та записує передане значення у відповідне поле каналу.

Додатково було налаштовано параметри приватності каналу. На етапі розроблення система використовувала приватний режим доступу, що дозволяло обмежити перегляд даних лише авторизованими користувачами. У подальшому, за необхідності, канал може бути переведений у публічний режим для забезпечення відкритого доступу до статистики вимірювань.

Використання хмарної IoT платформи ThingSpeak дозволило реалізувати зручну систему дистанційного зберігання та візуалізації показів механічних лічильників. Налаштований канал забезпечує автоматичне приймання даних від мікроконтролерного модуля, їх довготривале зберігання та відображення у вигляді графіків, що значно спрощує процес моніторингу та аналізу отриманої інформації.

### 3.4 Результати моделювання та тестування системи

З метою перевірки працездатності розробленої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників на початковому етапі було проведено моделювання її роботи у середовищі Circuit Designer. Використання даного програмного середовища дозволило створити віртуальну модель електронної схеми системи, перевірити правильність з'єднання її компонентів та оцінити логіку роботи основних функціональних модулів.

На першому етапі моделювання було виконано додавання компонентів у робочу область середовища та їх з'єднання відповідно до розробленої електричної принципової схеми (рис. 3.9).

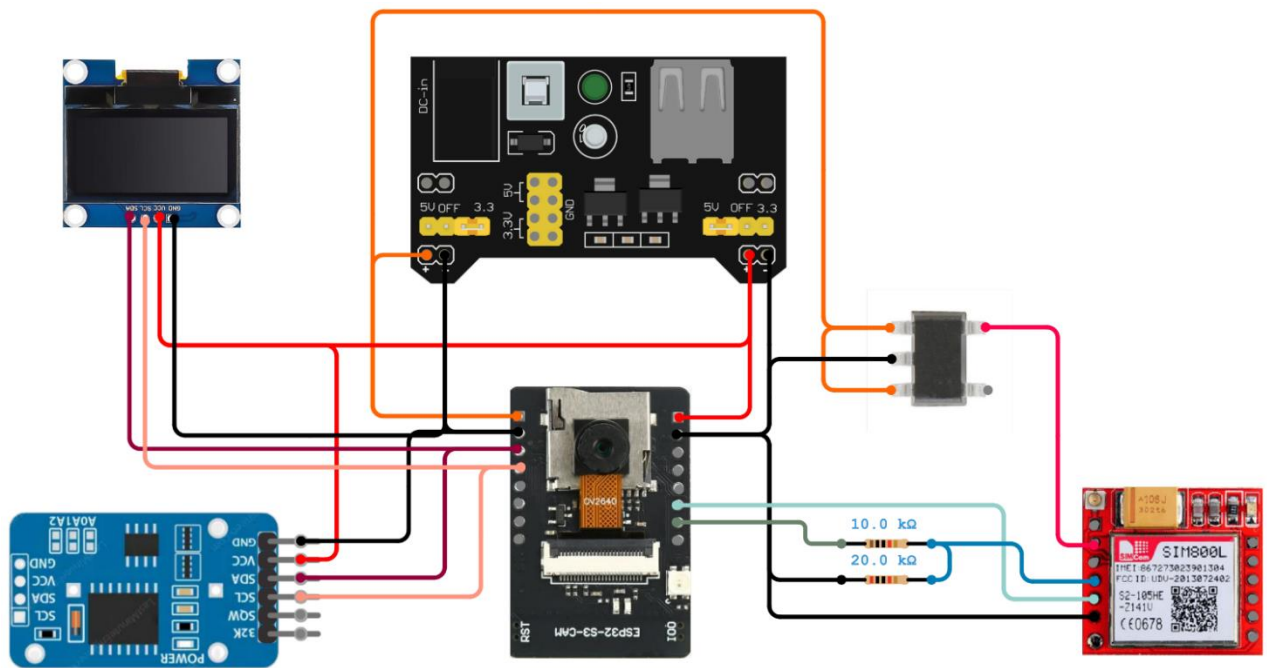


Рисунок 3.9 – Модель системи дистанційного збору даних з механічних лічильників

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Після завершення побудови схеми було виконано перевірку правильності підключення живлення та сигнальних ліній між компонентами системи. Середовище моделювання дозволило виявити можливі помилки у з'єднаннях та перевірити сумісність рівнів живлення різних модулів. У ході моделювання також було перевірено логіку обміну даними між мікроконтролером та периферійними пристроями, а також оцінено правильність роботи інтерфейсів зв'язку. Результати моделювання показали, що розроблена схема забезпечує коректну взаємодію між усіма основними компонентами системи.

Після завершення етапу комп'ютерного моделювання було розпочато розробку та тестування фізичного прототипу системи. На першому етапі було виконано монтаж компонентів на макетній платі. Мікроконтролерний модуль ESP32-S3-CAM було встановлено як центральний керуючий елемент системи, до якого було підключено RTC модуль DS3231 та OLED-дисплей через інтерфейс I<sup>2</sup>C. GSM-модуль SIM800L було підключено до мікроконтролера за допомогою інтерфейсу UART, що забезпечило можливість передачі даних до хмарної платформи через мобільну мережу.

Після запуску системи було перевірено коректність ініціалізації всіх підключених модулів. Зокрема було протестовано роботу камери мікроконтролерного модуля, правильність зчитування часу з RTC-модуля та функціонування OLED-дисплея, на якому відображалися поточні значення показів лічильника.

Далі було проведено тестування функції отримання зображення механічного лічильника. Камера мікроконтролерного модуля здійснювала захоплення зображення лічильника через задані інтервали часу, після чого отримане зображення передавалося до програмного модуля обробки. У програмі мікроконтролера було реалізовано алгоритм локального розпізнавання цифрових показів лічильника, який виконував попередню обробку зображення та визначення значень цифр.

Після розпізнавання значення показів лічильника виводилися на OLED-дисплей для локального відображення результату. Це дозволяло оперативно

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевірити правильність роботи алгоритму розпізнавання та переконатися у коректності отриманих даних. Наступним етапом тестування була перевірка функції передачі даних у хмарне середовище. Для цього GSM-модуль SIM800L встановлював з'єднання з мобільною мережею та здійснював передачу HTTP-запиту на сервер IoT платформи ThingSpeak.

У процесі тестування було перевірено стабільність передачі даних та коректність їх відображення у веб-інтерфейсі платформи. Після надсилання даних система автоматично записувала отримані значення у відповідне поле каналу, а у веб-інтерфейсі формувалася графік зміни показів лічильника у часі. Таким чином було підтверджено працездатність функції дистанційного моніторингу.

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Фізіологічний вплив факторів існування на життєдіяльність людини

Фізіологічний вплив факторів існування на життєдіяльність людини охоплює численні аспекти, які комплексно визначають її здоров'я, добробут та працездатність. Середовище, в якому людина живе і працює, є вирішальним чинником для багатьох фізіологічних процесів.

Температурний режим середовища значно впливає на терморегуляцію організму, яка є ключовим елементом підтримання гомеостазу. При сприятливих температурних умовах організм ефективно підтримує тепловий баланс, що забезпечує нормальне функціонування всіх систем. В умовах екстремальних температур, організм може зазнавати теплового стресу або переохолодження, що призводить до серйозних порушень в роботі серцево-судинної та нервової систем, зниження фізичної та розумової продуктивності.

Освітлення впливає на біоритми людини та функціонування зорової системи. Адекватний рівень освітлення забезпечує нормальне функціонування зору та знижує ризик розвитку зорової втоми і дискомфорту. Недостатнє або надмірне освітлення може спричинити порушення сну, головний біль, зниження працездатності та негативно позначитися на психоемоційному стані людини.

Якість повітря є критично важливою для дихальної системи. Високий рівень забруднення повітря може призвести до респіраторних захворювань, алергій, зниження імунітету та хронічної втоми. Чисте повітря, навпаки, сприяє кращому насиченню організму киснем, що позитивно впливає на загальний стан здоров'я і працездатність.

Шумове забруднення чинить істотний вплив на нервову систему. Тривалий вплив високого рівня шуму може викликати стрес, втому, дратівливість, зниження

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Калищук В.М.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Мовчан Л.Т.</i>					52	6
<i>Консульт.</i>		<i>Сенчишин В.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцки Н.С.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осунівська Г.М.</i>						

концентрації уваги та навіть проблеми зі слухом. Психоемоційний стан значно покращується в умовах акустичного комфорту, що сприяє підвищенню продуктивності та загальному відчуттю добробуту. Взаємодія цих факторів створює комплексне середовище, яке впливає на фізіологічні процеси в організмі. Здорове середовище сприяє підтриманню оптимального функціонування організму, що включає підтримання нормального кровообігу, дихання, обміну речовин та інших ключових функцій. Негативний вплив факторів середовища може мати кумулятивний ефект, поступово підриваючи здоров'я і знижуючи якість життя [11].

Фізіологічний вплив факторів існування на життєдіяльність людини є багатограним і глибоко пов'язаним з умовами навколишнього середовища. Створення здорового та безпечного середовища є основою для забезпечення добробуту, продуктивності та тривалості життя. При роботі із комп'ютеризованою системою дистанційного збору даних з механічних лічильників враховано вплив цих факторів на оператора.

#### 4.2 Аналіз умов праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу

Головним завданням будь-якої галузі народного господарства є збільшення продуктивності праці. Разом з тим продуктивність праці обумовлена здатністю працівників фізично, фізіологічно та психофізіологічно виконувати поставлені задачі і нерозривно пов'язана з умовами праці. При ігноруванні принципів охорони праці можуть виникнути різкі порушення умов праці з наслідками негативної дії на здоров'я працівників, зниження продуктивності праці.

В реальних умовах виробництва працівники можуть піддаватись впливу одночасно кількох шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Важливо проаналізувати їх вплив на умови праці, зокрема на показники важкості і напруженості трудового процесу та працездатність людини. Необхідно з'ясувати,

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

як ці фактори впливають на трудову діяльність, здоров'я та ефективність працівників [11].

Для об'єктивної оцінки умов праці на виробництві проводиться атестація робочих місць. Згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 442 від 1.09.1992 р. атестація робочих місць за умовами праці проводиться на підприємствах і організаціях незалежно від форм власності й господарювання, де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина та матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо впливати на стан здоров'я працюючих, а також на їхніх нащадків як тепер, так і в майбутньому. Основна мета атестації полягає у врегулюванні відносин між роботодавцем і працівниками у галузі реалізації прав на здорові й безпечні умови праці. Результати атестації використовуються для цілеспрямованої і планомірної роботи, спрямованої на покращення умов праці, а також для надання пільг і компенсацій, передбачених чинним законодавством, таких, як скорочена тривалість робочого часу, додаткова оплачувана відпустка, пільгова пенсія, оплата праці у підвищеному розмірі [12].

Для проведення атестації робочих місць та встановлення пріоритету в проведенні оздоровчих заходів використовуються державні санітарні норми та правила "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу", затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 06.05.2014 р. № 472/25249. Виходячи з принципів Гігієнічної класифікації, умови праці діляться на 4 класи [12]:

- оптимальні;
- допустимі;
- шкідливі;
- небезпечні (екстремальні).

1 клас – оптимальні умови праці – такі умови, при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, а й створюються передумови для підтримання високого рівня

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працездатності. Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату і факторів трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, за яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих за безпечні для населення.

2 клас – допустимі умови праці – характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих та їх потомство в найближчому і віддаленому періодах.

3 клас – шкідливі умови праці — характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого та/або його потомство.

Шкідливі умови праці за ступенем перевищення гігієнічних нормативів та вираженості можливих змін в організмі працюючих поділяються на 4 ступені [12]:

– 1 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту з шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я;

– 2 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення, призводять у більшості випадків до зростання виробничо-обумовленої захворюваності, появи окремих ознак або легких форм професійної патології (без втрати професійної працездатності), що виникають після тривалої експозиції (10 років та більше);

– 3 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які призводять, окрім

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зростання виробничо-обумовленої захворюваності, до розвитку професійних захворювань легкого та середнього ступенів важкості (з втратою професійної працездатності в період трудової діяльності);

– 4 ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку важких форм професійних захворювань (з втратою загальної працездатності).

4 клас небезпечні (екстремальні) умови праці – характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або ж її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень.

Ступінь шкідливості умов праці встановлюється [13]:

– за величиною перевищення граничнодопустимих концентрацій шкідливих речовин; класом та ступенем шкідливості чинників біологічного походження;

– залежно від величин перевищення чинних нормативів шуму, вібрації, інфра- та ультразвуку;

– за показником мікроклімату, який отримав найвищий ступінь шкідливості з врахуванням категорії важкості праці за рівнем енергозатрат, або за інтегральним показником теплового навантаження середовища;

– за величиною перевищення граничнодопустимих рівнів електромагнітних полів та випромінювань; за параметрами радіаційного фактору відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000);

– за показниками природного та штучного освітлення; за величиною недодержання необхідної кількості іонів повітря і показника їх полярності.

Оцінка важкості трудового процесу здійснюється на підставі обліку фізичного динамічного навантаження, маси вантажу, що піднімається і переміщується, загальної кількості стереотипних робочих рухів, величини

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

статичного навантаження, робочої пози, ступеню нахилу корпусу, переміщень в просторі. Оцінка напруженості трудового процесу здійснюється на підставі обліку факторів, що характеризують напруженість праці, а саме, інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Згідно гігієнічної класифікації робота в умовах перевищення гігієнічних нормативів (3 та 4 клас умов праці) може бути дозволена тільки при застосуванні засобів колективного та індивідуального захисту і скороченні часу дії шкідливих виробничих факторів (захист часом). Робота в небезпечних (екстремальних) умовах праці (4 клас) не дозволяється, за винятком ліквідації аварій, проведення екстрених робіт для попередження аварійних ситуацій. Ця робота повинна виконуватись у відповідних засобах індивідуального захисту та регламентованих режимах виконання робіт [13].

Умови праці визначають ступінь захворюваності працюючих, як професійної, так і виробничо зумовленої, тому контроль показників захворюваності відіграє важливу роль у поліпшенні умов праці.

Комп'ютеризовану систему дистанційного збору даних з механічних лічильників розроблено з урахуванням аналізу умов праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютеризовану систему дистанційного збору даних з механічних лічильників із використанням IoT технологій, яка забезпечує автоматизоване отримання, обробку та передачу показів вимірювальних пристроїв до хмарного середовища.

У процесі виконання роботи було проведено аналіз технічного завдання та вимог до проєктованої системи. На основі цього аналізу визначено основні функціональні можливості системи, зокрема автоматичне отримання зображення лічильника, розпізнавання його показів, локальне відображення результатів та передачу даних до хмарної платформи.

Було обґрунтовано вибір апаратних компонентів системи та розроблено її структурну схему. У межах роботи було розроблено електричну принципову схему системи, яка визначає спосіб підключення всіх компонентів та організацію обміну даними між ними.

Сформовано алгоритм роботи системи та розроблено ПЗ мікроконтролера, що забезпечує періодичне отримання зображень лічильника, їх обробку та надсилання результатів вимірювань.

Також було виконано налаштування хмарної IoT платформи ThingSpeak, яка використовується для приймання, зберігання та візуалізації отриманих даних. Реалізовано механізм передачі показів лічильника до хмарного сервісу за допомогою HTTP-запитів через GSM-з'єднання.

На завершальному етапі було проведено моделювання роботи системи та тестування фізичного прототипу. Отримані результати підтвердили працездатність розробленої системи та можливість її практичного застосування для автоматизованого дистанційного збору показів механічних лічильників.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Farooq H., Ali W., Sajjad I.A. Smart grids and smart metering. The 4Ds of Energy Transition: Decarbonization, Decentralization, Decreasing Use and Digitalization, 2022. P. 357-379.
2. Rodríguez-Pérez N., Domingo J.M., López G.L., Hajigholi M. Scalability analysis of a wireless M-Bus system for smart metering and sensing. In 2023 IEEE Belgrade PowerTech, 2023. P. 1-6.
3. Sawarkar B.D., Golait S.S. A review paper on automatic meter reading and instant billing. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 2015. Vol. 4, Issue 1. P. 213-217.
4. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
5. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
6. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018. 740 с.
7. Velychko D., Osukhivska H., Palaniza Y., Lutsyk N., Sobaszek Ł. Artificial Intelligence Based Emergency Identification Computer System. Advances in Science and Technology Research Journal. Volume 18, Issue 2, 2024. P. 296–304.
8. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.
9. Lupenko S.A., Osukhivska H.M., Lutsyk N.S., Stadnyk N.B., Zozulia A.M., Shablii N.R. The comparative analysis of mathematical models of cyclic signals structure and processes. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2016. 82(2), P. 115-127.

					КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Yatsyshyn V., Pastukh O., Kukharska V., Palamar A., Kulikov S. Method and tool of detecting software architecture patterns in the process of computer systems development. CEUR Workshop Proceedings, 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2024), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, October 23-25, 2024. Vol. 3896. P. 12-24.

11. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності. Підручник, 2-е видання, Центр учбової літератури, 2020. 448 с.

12. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Основа, 2016. 267 с.

13. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. К.: Каравела, 2007. 408 с.

					<i>КС КРБ 123.166.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>60</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додаток А  
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедру КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗБОРУ ДАНИХ З  
МЕХАНІЧНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на  8  листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н. Мовчан Л.Т.

“ 2 ” лютого 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-41

\_\_\_\_\_ Каліщук В.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

Тернопіль 2026

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютеризована система дистанційного збору даних з механічних лічильників».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.166.00.00.

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Каліщук Володимир Михайлович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/9-188 від «24» квітня 2026 року.

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 26.01.2026 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 21.06.2026 р.

## 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Оформлення технічної документації до кваліфікаційної роботи бакалавра здійснюється згідно діючих вимог вітчизняних та міжнародних стандартів. Технічна документація до кваліфікаційної роботи бакалавра включає в себе текст пояснювальної записки та креслення, які максимально інформативно та стисло відображають основні результати розробки комп'ютеризованої системи дистанційного збору даних з механічних лічильників з використанням IoT-технологій. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проектування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЄСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система призначена для дистанційного збору, передавання та моніторингу показників механічних лічильників обліку ресурсів (води, газу, електроенергії тощо). Система забезпечує автоматизацію процесу зняття показників, мінімізує участь людини та зменшує ймовірність виникнення помилок, пов'язаних з ручним обліком.

Система може застосовуватися в житлових, комунальних або промислових об'єктах, де експлуатуються механічні лічильники і є потреба в організації віддаленого контролю їх показників.

## 2.2 Мета створення системи

Метою створення системи є підвищення ефективності та достовірності процесів обліку ресурсів шляхом впровадження IoT-технологій для дистанційного збору та обробки даних з механічних лічильників. Досягнення цієї мети передбачає створення апаратно-програмного комплексу, який забезпечує стабільну роботу, зручний доступ до даних та можливість подальшого розширення функціональних можливостей.

## 2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом автоматизації є механічні лічильники ресурсів, що встановлені на об'єктах різного призначення та не мають вбудованих цифрових інтерфейсів передавання даних. Особливістю таких лічильників є механічний принцип формування показників, що потребує використання додаткових засобів для зчитування інформації. Умови експлуатації можуть передбачати обмежений доступ до електроживлення, вплив зовнішніх факторів та необхідність тривалої автономної роботи.

## 3 Вимоги до системи

### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна являти собою розподілений апаратно-програмний комплекс, що складається з вузла збору даних, каналу зв'язку та серверної або хмарної частини. Вона має забезпечувати безперервний або періодичний збір показників, їх передавання на IoT-платформу та доступ користувача до результатів через веб-інтерфейс або мобільний додаток.

Основними вимогами до системи є:

- модульність і масштабованість;
- сумісність з різними типами механічних лічильників;
- енергоефективність;
- надійність і стабільність роботи.

### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура системи повинна включати апаратний модуль зчитування даних, мікроконтролерний блок обробки, модуль зв'язку та програмну частину для роботи з IoT-платформою. Функціонування системи має базуватися на циклічному принципі зчитування даних, їх попередній обробці та передаванні на сервер.

Система повинна забезпечувати:

- коректне зчитування показників;
- формування пакетів даних;
- контроль помилок передавання;
- збереження даних у разі тимчасової відсутності зв'язку.

### 3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Для обміну даними між вузлом збору та IoT-платформою необхідно використовувати бездротові технології зв'язку. Вибір конкретного протоколу повинен здійснюватися з урахуванням доступності мережі, енергоспоживання та дальності зв'язку. Допускається використання Wi-Fi, GSM, LPWAN або інших сумісних технологій.

Передавання даних має здійснюватися з використанням стандартних IoT-протоколів, таких як MQTT або HTTP, із забезпеченням базового рівня захисту інформації.

### 3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна підтримувати кілька режимів роботи, зокрема:

- основний режим автоматичного збору та передавання даних;
- режим налаштування та конфігурації;
- тестовий режим для перевірки працездатності компонентів.

Перехід між режимами має здійснюватися програмними засобами без необхідності фізичного втручання в апаратну частину.

### 3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Архітектура системи повинна передбачати можливість подальшого розширення функціональності. Зокрема, система має бути готовою до:

- підключення додаткових типів лічильників;
- розширення кількості вузлів збору;
- інтеграції з іншими інформаційними системами;
- впровадження додаткових аналітичних функцій.

### 3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу в заданих умовах експлуатації. У разі виникнення збоїв зв'язку або живлення має забезпечуватися відновлення роботи без втрати критичних даних. Програмне забезпечення повинно передбачати обробку помилкових ситуацій та механізми самовідновлення.

Показники надійності системи дистанційного збору даних з механічних лічильників повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,7 %.

### 3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

До основних функцій системи належать:

- зчитування показників механічних лічильників;
- попередня обробка та форматування даних;
- передавання даних на IoT-платформу;
- зберігання та візуалізація інформації;
- надання користувачу доступу до історії вимірювань.

Система також повинна підтримувати базові сервісні функції, такі як індикація стану та дистанційне оновлення параметрів.

### 3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення системи має базуватися на сучасному мікроконтролері з достатнім обсягом пам'яті та підтримкою бездротового зв'язку. Всі компоненти повинні бути доступними на ринку, мати відповідні технічні характеристики та забезпечувати низьке енергоспоживання. Конструкція пристрою має бути придатною для тривалої експлуатації та захищеною від зовнішніх впливів.

## 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
  1. структурна схема системи;
  2. схема електрична принципова;
  3. блок-схема алгоритму роботи;
  4. результати моделювання системи.

\*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

## 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	26.01 – 02.02
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02 – 15.02
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютеризованої системи	20.04 – 25.04
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютеризованої системи	26.04 – 05.05
5.	Робота над четвертим розділом «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	07.05 – 25.05
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	26.05 – 07.06
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	08.06 – 14.06
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	15.06 – 21.06
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	23.06.2026

## 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б  
Перелік елементів



## Додаток В

### Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера для реалізації системи дистанційного збору даних з механічних лічильників.

```
#include "esp_camera.h"
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <WiFi.h>

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
RTC_DS3231 rtc;
HardwareSerial gsm(1);
#define RXD2 44
#define TXD2 43
String apiKey = "THINGSPEAK_API_KEY";
int lastSendHour = -1;
camera_config_t config;

void initCamera()
{
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = 11;
    config.pin_d1 = 9;
    config.pin_d2 = 8;
    config.pin_d3 = 10;
    config.pin_d4 = 12;
    config.pin_d5 = 18;
    config.pin_d6 = 17;
    config.pin_d7 = 16;
    config.pin_xclk = 15;
    config.pin_pclk = 13;
    config.pin_vsync = 6;
    config.pin_href = 7;
    config.pin_sscb_sda = 4;
    config.pin_sscb_scl = 5;
    config.pin_pwdn = -1;
    config.pin_reset = -1;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_GRAYSCALE;
    config.frame_size = FRAMESIZE_QVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
```

```

    config.fb_count = 1;
    esp_camera_init(&config);
}

void initDisplay()
{
    display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0);
    display.println("System start");
    display.display();
}

void initRTC()
{
    rtc.begin();
}

void initGSM()
{
    gsm.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
    delay(3000);
    gsm.println("AT");
    delay(1000);
    gsm.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"");
    delay(1000);
    gsm.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet\"");
    delay(2000);
    gsm.println("AT+SAPBR=1,1");
    delay(3000);
}

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    Wire.begin(14,47);
    initCamera();
    initDisplay();
    initRTC();
    initGSM();
}

void loop()
{
    DateTime now = rtc.now();
    if(now.hour() != lastSendHour)
    {
        camera_fb_t *fb = captureImage();
        if(fb != NULL)
        {
            String meterValue = recognizeDigits(fb);

```

```

        String dateTime =
        String(now.year()) + "-" +
        String(now.month()) + "-" +
        String(now.day()) + " " +
        String(now.hour()) + ":" +
        String(now.minute());
        displayData(meterValue, dateTime);
        sendToThingSpeak(meterValue, dateTime);
        esp_camera_fb_return(fb);
        lastSendHour = now.hour();
    }
}
delay(60000);
}

camera_fb_t *captureImage()
{
    camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb)
    {
        Serial.println("Camera capture failed");
        return NULL;
    }
    return fb;
}

String recognizeDigits(camera_fb_t *fb)
{
    int sum = 0;
    for(int i = 0; i < fb->len; i += 50)
    {
        sum += fb->buf[i];
    }
    int value = (sum % 90000) + 10000;
    return String(value);
}

void displayData(String value, String dateTime)
{
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0,0);
    display.println("Meter value:");
    display.setTextSize(2);
    display.println(value);
    display.setTextSize(1);
    display.println(dateTime);
    display.display();
}

void sendToThingSpeak(String value, String dateTime)
{
    gsm.println("AT+HTTPIPINIT");
    delay(1000);
}

```

```
String url =
"AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://api.thingspeak.com/update?api_key=" +
apiKey +
"&field1=" + value +
"&field2=" + dateTime + "\"";
gsm.println(url);
delay(2000);
gsm.println("AT+HTTTPACTION=0");
delay(6000);
gsm.println("AT+HTTPTERM");
delay(1000);
}
```